

応用研究論文

拡張現実技術の最先端と秋田での活用例

～新しい情報のかたち～

間所洋和¹, 寺田裕樹²¹ 秋田県立大学システム科学技術学部機械知能システム学科² 秋田県立大学システム科学技術学部電子情報システム学科

そこに「ない」ものを「ある」かのように見せる技術が注目を浴びている。たとえば、久しぶりに会った知人の名前を忘れてしまっても大丈夫。カメラで撮った知人の映像から、コンピュータが名前を教えてくれる。このように、実際に見ているものに、コンピュータが作り出した情報を重ねる技術を拡張現実 (Augmented Reality: AR) という。本論文では、AR の歴史を振り返り、AR が注目されている理由について分析するとともに、AR を支える最先端のハードウェアとソフトウェアの技術について紹介する。また、AR の活用事例を含めて、秋田での活用例について論考する。本県の基幹産業である農業と情報技術が結び付くことにより、観光産業の振興に資する取り組みになることを目指している。なお、高齢歩行者の交通事故防止を目指した活用例については、高齢化が進む本県における喫緊の課題として基礎的研究に取り組んでおり、安心・安全な社会の実現ならびに地域に根ざした課題の解決に向けて研究・開発を進めている。

キーワード: 拡張現実, 仮想現実, ハードウェア, ソフトウェア, センサ。

本論文は、平成 25 年度秋田県立大学公開講座における拡張現実 (Augmented Reality: AR) に関する講演内容を、記録としてテキスト化したものである。本講座は、横手市 (2013 年 11 月 16 日, 横手市南庁舎) と秋田市 (2013 年 11 月 30 日, 秋田市カレッジプラザ) の 2 会場で開催された。進歩を続けるコンピュータ技術の一端から、AR を通じて未来の暮らしや秋田での活用事例案について考えてみたい。特に、本県の基幹産業である農業と AR を核とする情報技術が結び付くことにより、観光産業の振興に資する取り組みになることについて論考する。また、高齢化が進む本県における喫緊の課題として、高齢歩行者の交通事故防止を目指した著者らの研究の一端を紹介するとともに、今後の研究の方向性について論述する。

五感と AR

我々は、聴覚、嗅覚、触覚、味覚、視覚の五感を使って、いろいろなものを感じ、日々の生活を送っている。この他にも、平衡感覚や内臓感覚、そして第六感とも言われる超感覚もあるが、日常生活で主体的に使うのは五感である。さてここで想像してほしい。機械やコンピュータを使って、感覚器官の能力を拡張できるとすれば、どれを対象にしたいか？順に考えてみたい。

始めに、聴覚について考えてみよう。音が小さく聞こえづらい場合には、補聴器がある。補聴器を使えば、小さな音も大きなボリュームで聴ける。そういう意味では、補聴器は広義の拡張現実になる。一方、音は大小だけではなく、高低もある。音の高低は周波数によって決まる。周波数の拡張については

どうだろうか。人間は、20Hz から 20,000Hz くらいまでの音波を、鼓膜振動を通じて感じ取ることができる。もちろん個人差はあるが、この帯域の周波数は、可聴域と定義される。可聴域を超えた周波数の音は、超音波になる。可聴域以下は低周波音として雑音、つまりノイズとなる。低周波音のノイズは、皮膚感覚として感じる事ができる。また、超音波は聞こえないが、魚群探知機や診断で使われるエコーとして画像化し、観察できる。イルカは超音波を出して、水中で餌となる小魚を探している。人間もイルカのように、海の中での暮らしなら、超音波は便利かもしれない。ただ陸上では、超音波が聞こえても、低周波ノイズと同様に雑音が増えるだけ。日常生活には煩わしいだろう。

次に、嗅覚はどうだろうか。嗅覚の発達した動物として、犬が思い浮かぶ。犬の嗅覚は人間の数千から数万、対象によっては1億倍に達する。嗅覚が拡張された場合、犬に頼らなくても、空港や港湾で麻薬を嗅ぎ分けられるかもしれない。また、道に迷っても、嗅覚を頼りに家まで戻れるだろう。このように、嗅覚が発達した生活については、犬に聞いてみないと分からないが、便利に感じる一方で、臭いは良い香りばかりではないため、悪臭にも鋭敏になると、やはり聴覚と同様、日常生活での煩わしさが増えそうだ。

触覚は、痛覚と温度覚を合わせて皮膚感覚を構成している。皮膚感覚という括りで考えたとき、痛覚や暑い寒いなどの温度覚が拡張されると、寒暖の差が大きい日本では、逆に大変そうだ。

味覚については、グルメにとっては美食ライフが広がるだろう。ただ、舌が肥え過ぎると、少量の塩分ですらしょっぱく感じたり、食費が嵩むようになる。「足るを知る」のハードルが上がり、満足感が減りそうだ。

これらの感覚情報は、既存の情報と新しい情報を重ね合わせることが困難である。聴覚の例では、一度に多数の人間が話している内容を、通常は同時に理解できない。豊聡耳の聖徳太子は可能かもしれないが、一般人には残念ながら不可能である。料理の味にしても、例えば「まったくしているようだがキレがある」というような表現もできるが、重ね合わ

さった情報は、なかなか明確に区分できない。触覚に関しては、体全体で感じる事ができるが、部位によって一定ではない。

一方、視覚はどうだろうか。我々は、3次元世界を、網膜を通じて2次元情報として感じ取り、脳の中で3次元に再構成している。異なる情報が複数ある場合でも、空間内の位置が異なれば、重複して情報が認識できる。このため、車を運転しながら道路標識を見て通行ルールを確認したり、カーナビを見て行き先を瞬時に確認できる。視覚に対しては、脳は並列処理を容易にこなす。

ARの定義

本講座の主題である拡張現実とは、英語では Augmented Reality と表記し、AR と略される。Augmented は、強化する、拡張するという意味である。Reality は、真実とか現実という意味になる。概念的用語として目的語と手段が外されているので、両者を補ってみると、「人間が知覚する現実世界の情報を、コンピュータなどの情報機器を用いて拡張する」、という意味になる。広義には知覚は五感のいずれも対象となるが、現実的にコンピュータが拡張する情報としては、AR では視覚に限定されている。そこで我々は、AR を次のように定義したいと思う。

人間の知覚の中でも最も情報量が多い視覚に着目し、視覚から得られる現実世界に、コンピュータが作り出した仮想世界を重ね合わせて、新しい現実感を生み出すこと。その時、その場所で必要な情報を、即時かつ的確に、現実世界と重ね合わせて補足情報として提供する技術。

学術的な定義としては、1997年に Ronald T. Azuma 博士が発表した論文 (Azuma, 1997) において、以下の三特徴を有するシステムと定義されている。

1. Combines real and virtual (現実と仮想の融合)
2. Interactive in real time (実時間での相互作用性)
3. Registered in 3-D (三次元での位置合わせ)

学術性を重んじて抽象的な定義となっているが、重要なキーワードがいくつか含まれている。第1条件は、AR そのものを表す一般的な定義である。第2条件の interactive は、日本語では相互作用と訳され

る。高校の物理で習う用語を使うと、作用と反作用の関係に近い。人間を作用者、機械システムを被作用者とした場合、作用者のアクションに対して、被作用者が反応する。反応結果の評価は別として、ここでは反応すること自体に意味がある。時間が空くと、作用に対する反作用が結び付かないので、即時に反応することが重要となる。このため、**real time**（実時間）が付されている。観測された情報に対して、重ね合せたい新しい情報を即時に決定し、提示する。

即時とは、具体的にどれくらいか？対象によって異なるが、例えば、普段見ているテレビは1秒間に30枚の静止画像が書き換えられている。単位は**frame per second**で表されるため、30 fpsとなる。この程度の速度で、連続する静止画は、動いている画像、つまり動画として認知される。逆に言えば、静止画とは認識できず、脳は動いていると錯覚し処理する。映画の場合は、書き換え速度が少しだけ遅く24 fpsとなる。目をこらせば、少しだけカクカクとした動きに感じられる程度である。特に違和感はないと思う。

パソコンのディスプレイは、50～60 fps程度で、特にグラフィクスにおいて、テレビより詳細な描画が得られる。60 fpsだと、どれだけ動体視力の優れた人でも、静止画として見分けることはできない。仮に止まって見えたなら、プロ野球選手、F1レーサー、ジャンブラなども夢ではなく、勝ち続けることができるだろう。

リアルタイム処理は、通常はビデオフレームレートの30 fpsが目安になる。つまり、30分の1秒以内に処理が完結できれば、即時性を満たされる。時間にして、33.3ミリ秒以内となる。

第3条件では、位置合せの**registered**が重要なキーワードになる。情報を表示する位置を決める。3次元空間では、表示位置の選択肢が格段に増える。単純に、音声などの1次元信号と比べて、3乗倍の組み合わせとなる。例えば、1次元空間内で候補が10箇所あったとすれば、3次元空間では1,000箇所になる。これを即時に求めなければならない。また、重複表示した際に、実世界の重要な情報が隠れないように注意しなければならない。一方で、視野範囲内

には様々な対象が存在するが、対象から離れてしまうと、利用者にとっては意味が薄れる。そういう意味では、位置合せが重要になる。位置合せには、画像処理やコンピュータビジョンの技術が使われる。詳細は後述するが、このように、たった3種類の条件だが、多種多様な要素技術を駆使することで、ARは実現されている。これらの要素技術が段階的に実現可能になってきたところに、ARを使った応用ソフトウェア（アプリケーション）が多数開発され、利用者も増えて、今に至る。

ARが注目される理由

ARは、ARという言葉が正式に使われる前から、アニメや映画に登場していた。最近では、2007年にNHKで放送された**電脳コイル**が有名である。著者らの70年代の世代では、ドラゴンボールであった。悟空がメガネのように装着しているスカウタが、まさにARであった。スカウタを使うと、敵の戦闘能力が瞬時に計測できる。

スカウタ越しに、定量的に表示される。原作者の鳥山明氏は、ARを知っていたのか定かではないが、ARが描く未来像を、漫画で先取りしていた。また、ターミネータで**Arnold A. Schwarzenegger**がかけているサングラスもARである。

ということで、ARが注目されている理由を改めて考えてみたい。著者らの主観では、以下の5要素となる。

1. 人間の知覚能力の飛躍可能性の追求
2. 知的欲求（もっと知りたい、情報を得たい）
3. 新しいビジネスの可能性
4. おもしろい（エンターテインメント性）
5. 情報機器（コンピュータ、センサ、ディスプレイ技術）の飛躍的進歩

第1と第2の要素は、関連性が深い。人間は瞬間的には1馬力程度のパワーが出せる。ただし、本来の馬力の定義である定常的な出力ではない。馬並みの力といっても、瞬間的にしか出ない。このため人類は、人力ではなく馬や牛などの動物の力を借りるようになった。更に、内燃機関の発明により、我々は動物の力を遥かに凌駕するパワーを得た。最近の

軽自動車は、排気量が 660cc のエンジンで、64 馬力の出力がある。つまり 64 頭の馬に引かれた車に、乗っていることになる。少し高級な車なら 200 馬力以上、日産の GTR は 500 馬力以上のパワーが出力されている。船舶だと桁が違って、数万から数十万馬力となる。内燃機関だからこそなせる技。これだけの馬を飼育するのは、到底不可能だろう。動力として使うために、人間の数より馬の数が多くなる。

内燃機関と同様に、コンピュータの発明で、人類は圧倒的な計算能力を得た。人間には到底できない複雑な計算を、瞬時に解いてくれる。そして 24 時間、休みなく働き続けられる。現在の文明は、コンピュータなしでは成り立たない。科学技術計算を担うスーパーコンピュータから、銀行や官公庁が使っている大型コンピュータ、日常の業務で使用するパソコン、そして携帯電話やスマートフォンも立派なコンピュータだ。携帯電話は 1 人 1 台の時代なので、我々はコンピュータを持ち歩いている。また近年のコンピュータは、単純な計算だけでなく、人間の思考にも迫っている。2012 年に、コンピュータ将棋が公式対戦で元名人に勝利した。2013 年の今年、プロ棋士との五番勝負で、3 勝 1 敗 1 引分けと、コンピュータが勝ち越した。計算だけの機械から、人間の論理思考や知能に迫る新しい時代の幕開けである。

また我々は、たくさんの情報を欲している。インターネットを始めとする様々なメディアが登場し、デジタル時代は情報過多と揶揄されているが、我々は限りなく情報を欲しているのが、紛れもない現実である。ネット中毒や活字中毒も、対象とするメディアは異なるが、情報を欲するという人間の飽くなき欲求からきている。読書家もネット中毒者も、広義には同じと思っている。情報の多様性から見ると、AR はテキストや映像、コンピュータグラフィックなどの様々な形態の情報を、瞬時にかつ臨場感に溢れる形で与えてくれる。

第 3 の要素として、娯楽としてのエンターテインメント性が、AR には多分に含まれている。ゲームや癒し効果のある AR も多数存在する。ただし、おもしろいだけではない。第 4 の要素とも関係するが、ビジネス性が極めて高い。ビジネス性の観点から、ソフトウェアメーカを中心とする企業が、続々と参

入している。アイデアさえあれば、ソフトウェアの開発は、いつでもどこでも始められる。開発用の設備には、パソコンがあれば十分である。自宅で、ひとりでも起業できる。大手メーカだけでなく、誰にでも、平等で公平にチャンスがある。これが、ソフトウェア開発の魅力であり、魔力だろう。ビジネスチャンスは無限に広がっている。

ただ、これまでのソフトウェア開発とは一風変わっている。仮想世界だけでソフトウェアが完結しない。処理を実行するコンピュータを中心に、実世界のデータを得るためのセンサ、そして手に持ったり身体に装着できる小型のディスプレイが周辺機器として使われる。これらのハードウェアの技術が飛躍的に進歩したことが、AR が注目されてきた理由でもある。

ハードウェアとソフトウェアが融合された世界。「賢者は歴史に学ぶ」の格言に従って、黎明期からの歴史を振り返りつつ、AR を実現するための技術、そして活用事例へと話を進めたい。また、本学には AR に興味を持って自主的に研究に取り組んでいる学生グループがある。実際に AR を作るための開発環境を紹介しつつ、本県での活用案を提示しながら、AR の未来について考えてみたい。

AR の歴史

AR の歴史の前には必ず Virtual Reality (VR) がある。VR のルーツをどこまで遡って考えるかは研究者によって考え方も異なるが、最も古くは古代洞窟の壁画にその一端を見ることができる。この壁画は洞窟という暗闇の中に描かれており、暗闇の中では火を灯さなくてはこれらの壁画を見ることはできない。この洞窟は、当時は儀式などが行われる空間として使われていたと考えられており、そこに描かれた壁画は人々を現実世界から離れた一種のバーチャル世界へ導く役割を果たしていたと考えられる。

このように壁画や絵画という静的なメディアを用いながら、まさに五感情報を利用した VR の演出そのものということができる。昨今、コンピュータを用いた VR 技術が登場してきたのは 1960 年代になってからである。この時代は色々な技術が登場し、VR

の黎明期ということができる。この後、Head Mounted Display (HMD) が開発された（舘、佐藤及び廣瀬、2011）。

世界最初の汎用電子式コンピュータとして、1946年に Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) が世の中に登場した。半導体が普及する前で、トランジスタは使われておらず、真空管で構成された。このため、発熱が大きく、故障が頻発していた。ENIAC の登場から 15 年後の 1961 年に、AR の原型となった複合型映像提示装置が発明された。これは、現実世界との重ね合わせではなく、仮想世界をコンピュータとディスプレイ上で再現していたため、仮想現実の VR になる。映像だけではなく、振動や風、においなども再現されていた。

AR は、身体に装着できることが重要な要素のひとつである。頭部に装着する初のディスプレイは、1965 年に発明された。ただし非常に大掛かりな装置であった。このため、装着はできても、人間だけで支え切れなかった。天井から吊り下げられていた。投影される画面は、18 インチ相当の視界があった。

この時代に HMD は単なる立体ディスプレイから、人間が 3 次元の世界を体験するインタラクティブなディスプレイ装置へと位置づけられることになった。VR を論ずるにあたり、「バーチャル」の意味をまず検証する必要がある。virtual は、「表層的にはそうではないが、本質的にはそうである」といった意味である。

さて、バーチャルの反意語はノミナル (nominal) すなわち「名目上の」という意味の言葉である。つまり、名目ではなく本質がバーチャルなのであり、確かに反意語であるが、面白いことに、ノミナルの反対語を調べると、リアル (real) がそれにあたっている。ちなみにリアルと対をなすべき反対の意味の言葉は、イマジナリ (imaginary) である。すなわち、「虚」はイマジナリに対応し、虚数 (imaginary number) などの訳に使われている。従って、虚もバーチャルの訳としては不適である。

最近、バーチャルを日本語にするとときに最も多く使われている言葉が「仮想」である。「仮想」とは、仮に想定したという意味で、これに対応する英語はあくまでも supposed であって、これもバーチャルと

は全く異なる概念である。従って、VR は「みかけは現実ではないが、実質的には、現実であること」となる。一言でいうならば、「現実のエッセンス」である。このように VR は、現実の本質を有するものである（舘ら、2011）。

1970 年に入り、装置の小型化が飛躍的に進んだ。この頃から、ディスプレイは白黒からカラーが主体になった。AR の実用化はまだまだ先だが、大学等の研究機関において、研究開発が活発化してきた。

1980 年代は、主に VR が研究の中心であった。また、複合現実という概念が登場し、AR は VR の一部として研究されていた。

1990 年前半には、HMD の小型化が進んだ。1990 年後半から、パソコンの普及が進み、AR のプラットフォームが小型コンピュータへと移行した。この頃から AR は、VR とは独立した技術体系としての地位が確立され始めた。

2000 年に入って、大学や研究機関だけではなく、企業においても事業化ベースの研究開発が活発化した。また、ソフトウェア開発の比重が高まり、様々な分野でアプリケーション主体で AR の開発が進められた。ソフトウェアを開発するための環境や市販アプリケーションも世の中に出された。また、学会や国際会議でも、応用研究として多数の研究論文が発表されるようになった (Reitmayr and Drummond, 2006; Reitmayr and Schmalstieg, 2001)。

AR を支えるハードウェア技術

様々な最先端技術が組み合わさって、AR は実現されている。ここでは、AR を実現しているハードウェアについて、最新の技術動向を概観する。

情報はコンピュータで処理される。処理対象となる情報は、センサによって外界から取得される。処理結果は様々な形態で出力されるが、視覚情報の場合はディスプレイが出力先になる。つまり、センサを使って入力した情報をコンピュータが処理し、ディスプレイに出力する、というのが一連の流れになる。この流れに沿って、センサ技術、コンピュータ技術、ディスプレイ技術について順に説明する。

センサ技術

センサとは、「自然現象や人工物の、機械・電気・電磁気・熱・音響的・化学等の性質、あるいはそれらで示される空間情報・時間情報を、人間や機械（特に計算機械、電子機器）が扱い易い別媒体の信号に置き換える装置」として定義されている。

カメラ（視覚センサ）、加速度センサ、ジャイロセンサ、Global Positioning System（GPS）、マイクロフォン、モーションキャプチャ等々、我々の身の回りには、様々なセンサがある。他にも、光や圧力、磁気、温度、湿度、におい、振動、放射線などを計測するためのセンサがある。この中で、主に AR に使用されるセンサは、カメラ、加速度センサ、ジャイロセンサ、GPS になる。放射線量を計測するガイガーカウンタは、AR では使われていない。AR で使われるセンサは、廉価であることが要点となる。高価なセンサも、普及が進めば、コストが下がる。また、持ち歩ける、あるいは身につける機器として、小型で軽量ということも重要な要素となる。

カメラ.

センサの中では、カメラが最も知名度が高く普及している。デジタルカメラの出荷台数は、年間 1 億台以上に達する。これに、携帯電話やノートパソコンに搭載されている超小型カメラを含めると、正確には計数できないが、数十倍に増える。一方、カメラはセンサと意識する機会が少なくなってきた。したがって、改めてカメラとは何かを定義してみたい。

広義には、「像を結ぶための光学系（レンズ等）を持ち、映像を撮影するための装置。」と定義される。カメラは、コンピュータより長い歴史を持つ。特にフィルムを使うアナログカメラには、長い長い歴史がある。一方、近年のデジタル化の波は、カメラの世界にも押し寄せている。社会で使われているカメラの大半は、デジタルに置き換わっている。

デジタルカメラには、フィルムは使われていない。撮像素子として、CCD や CMOS が使われている。CCD は Charge-Coupled Device の略で、直訳すると電荷結合素子、CMOS は Complementary Metal-Oxide Semiconductor の略で、相補性金属酸化膜半導体となる。撮像原理はここでは割愛するが、これらの素子

がセンサ本体になる。数千万画素と高画質化されたデジタルカメラは、アナログカメラの画質に近づいてきた。一方、アナログカメラと異なり、画質の劣化はない。また、フィルムでは限界のあった小型化については、半導体の高密度集積技術や微細加工技術により、撮像素子の小型化が飛躍的に進んでいる。このため、ノートパソコンやタブレットコンピュータ、携帯電話やスマートフォンにも高解像度の超小型カメラが搭載され、その利用は AR にも及んでいる。

加速度センサ.

加速度センサは、名前が示す通り、加速度を測るためのセンサである。2006 年に任天堂が発売したゲーム機「Wii」で、加速度センサは一躍有名になった。ゲームのコントローラといえば、これまで複数のボタンを押すだけであった。そういう意味でも、Wii のリモコンは画期的であった。加速度センサを搭載することによって、リモコン自体がコントローラに変貌した。

さて、距離を時間で割ると速度になる。時間幅を微小化することで、瞬間速度が得られる。つまり、微分である。更に速度を時間で微分すると、加速度になる。ただし、センサが移動した距離を実際に測って、時間で割っているのではない。バネの原理を利用している。物質に力が加わった際の変位量を測ることで、加速度に置き換えている。なお、加速度センサでは、単位時間として 1 秒が使われる。

ジャイロセンサ.

ジャイロセンサとは、角速度を測るセンサのことである。角速度は、単位時間あたりの回転角になる。回転角は、軸を中心に求められる。

加速度センサと似ているが、変化する方向が違う。フレミングの法則を思い出してほしい。3本の指は、互いに直交している。それぞれを X 軸、Y 軸、Z 軸に対応させると、軸方向の変位を計測するのが加速度センサになる。一方、各軸に対する回転方向の計測がジャイロセンサになる。このように、加速度センサとジャイロセンサの計測は、相補的な関係になる。したがって、加速度とジャイロを組み合わせる

と、6 軸での変位が計測できるセンサとなる。6 軸での動作ということで、6 軸モーションセンサと呼ばれている。

GPS.

Global Positioning System を順に直訳すると、地球上での位置を測位するシステムとなる。グローバル化、グローバル教育、グローバル経営のように、最近はグローバルが付く言葉が流行っているが、GPS もグローバルを冠したシステムである。Positioning は、単純に位置ではなく、位置を測位するという意味合いになる。

GPS が普及する前は、LOng RAnge Navigation (LORAN) という電波を使った機器で位置を測位していたが、ロランの基地局は地上に設置されていたので、誤差が大きかった。数メートルから数十メートルの誤差は普通であった。

船舶だと許容できる範囲かもしれないが、仮に陸上で使えたとしてもカーナビだと完全に迷走するだろう。一方、GPS は最大で数メートル、通常は数十センチメートルの誤差しかない。ロランのような地上局ではなく、GPS は人工衛星から送り出される電波が使われる。元々は米国の軍事用人工衛星だったが、民生用に解放され、使われるようになった。地球周回軌道上の 30 個の人工衛星を使って、受信機の経度、緯度、高度を割り出している。

GPS は、船舶用のプロッタ、カーナビゲーションシステム、登山の時などに使うハンディタイプの端末、デジタルカメラ、携帯電話など、大型装置から小型機器まで、様々な製品に搭載されている。最近では、腕時計にも GPS が搭載されている。

コンピュータ技術

諸説はあるが、世界初のコンピュータは、前述の通り ENIAC であった。ENIAC が稼働を開始したのは 1946 年で、67 年前になる。まだ半世紀と少し。その後の集積回路技術の急速な発展で、高性能化と小型化が飛躍的に進んだ。

コンピュータの最高峰は、スーパーコンピュータである。理化学研究所と富士通が開発したスーパーコンピュータ「京」は、1 秒間で 1 京回の演算を実

行する性能を持つ。京という命数の数詞は、兆の一つ上で数字のゼロが 15 個並ぶ。日本国の借金も 1000 兆円を越えたが、これは正式な数詞を使うと 1 京円になる。京は馴染みの薄い数詞なので、1000 兆円と表現するより迫力がなくなるが、借金が増えて更に桁が増えた場合は、世間でも京の数詞が一般的になるのかもしれない。

さて、コンピュータの世界では、スーパーコンピュータを頂点に、メインフレーム、ミニコン、オフコンなどと様々な種類がある。そして現在はネットワークの時代なので、いずれのコンピュータも、インターネットもしくは独自のネットワークに接続されている。したがって、高性能のコンピュータと言えば、サーバ型コンピュータが主流になっている。

ワークステーションは、複数の人たちが同時に使うコンピュータシステムとして開発された。一方、パーソナルコンピュータはその名が示す通り、個人が占有して使うこと目的としたコンピュータである。一部の専門職の人を除いて、普段の仕事や日々の生活で使っているのはパーソナルコンピュータであろう。社内で共有しているとか家族で共同利用している場合でも、同時に使えるのは一人だけなので、パーソナルコンピュータとなる。同時に複数の人たちが使えるワークステーションとは利用形態が違う。

パーソナルコンピュータより小さいコンピュータが、マイクロコンピュータになる。略してマイコンと呼ばれている。マイコンは、演算処理を担う心臓部に、マイクロコントローラやマイクロプロセッサが搭載されている。自動車やデジタルカメラ、ゲーム機、携帯電話など、様々な機器にマイコンが使われている。例えば、1 台の自動車には数十個、高級車では百個近くのマイコンが搭載されている。ガソリンエンジンと電気モータを使って走るハイブリット自動車は、動くコンピュータの塊である。

そしてこれらのマイコンは非常に高性能である。例えば、最新の iPhone5 シリーズに搭載されている Apple A7 というマイクロプロセッサは、デュアルコアで 1.3GHz の性能を持っている。これはどれくらいかというと、少し前のパソコン、一昔前のスーパーコンピュータを凌駕する性能である。時間軸を折り畳んでみたとき、私達はポケットの中にスーパー

コンピュータを持ち歩いていることになる。スーパーコンピュータの「京」は、民主党政権時代の事業仕分けで運輸議員が一躍有名にしてくれたが、数十年後にはポケットに入れて持ち歩くことになるだろう。AR が急速に普及してきたのは、スーパーコンピュータがポケットに入るようになったからだ。

ディスプレイ技術

ディスプレイは、コンピュータが人間に対して情報を出力する装置のひとつである。ブラウン管が使われていた頃は、ディスプレイといえば大きくて重いものであった。引っ越しでも、洗濯機や冷蔵庫と並んで、テレビは大きくて重い家電であった。したがってブラウン管時代は、持ち歩くという概念はなかったと思う。2000 年前半頃から、液晶やプラズマを使った薄型テレビが普及してきた。近年では、有機機 Electro-Luminescence (EL) が使われるようになり、更に薄くて軽くなった。そして、映像を表示する画面は、大型化が進んだ。業務用大型ディスプレイやプロジェクタは、明るさや視野角度が格段に広くなった。最近のプロジェクタは、部屋を暗くしなくても十分な明度がある。

家庭用のテレビは、ハイビジョンからフルハイビジョン、そして、あまり良いネーミングとは思えないが、4K へと高解像度されている。更に、スーパーハイビジョンの 8K へと進化している。2020 年の東京オリンピックは 8K テレビで観戦と言われているが、AR で観戦するのも臨場感という面では劣らないだろう。

パソコン用のモニタは、24~27 インチが主体である。フルハイビジョンと同じ解像度で、27 インチなら 3 万円台で購入できる。また、大きくなるだけではなく、小型化も進んでいる。Retina 技術が搭載された iPad や iPad mini は、フルハイビジョン以上の解像度がある。3 インチ以下のディスプレイもカラーで詳細になった。AR では持ち歩ける、つまりモバイルできるディスプレイが主流として使われる。

さて、車や電車から見える風景は、ガラス越しの世界である。メガネをかけている場合も、世界はガラス越しになる。このガラスが、AR のディスプレイとして有効活用できる。生成された情報を、ガラ

ス上に投影すれば、現実と仮想を同時に見ることができる。頭部に装着する HMD も小型・軽量化が進んでいる。最近では、Google グラスのように、メガネと変わらないサイズになった。車のフロントガラスに情報を重ねて表示する AR カーナビも市販されている。カーナビ専用ディスプレイを見るより視線移動が少ないため、安全性が高いと言われている。

AR を支えるソフトウェア技術

ハードウェアとソフトウェアの関係は、料理をする際の食材と調理法の関係に例えられる。おいしい料理を作るには、新鮮で良い材料を揃えることはもちろんだが、その材料を生かすも殺すも、如何に調理するかだと思う。そして、調理方法には様々な種類があるように、ソフトウェアも多種多様である。ソフトウェアには、ハードウェアのような物理的制約はない。無限の可能性を秘めている。ソフトウェア技術を全て網羅することはできないので、ここでは、AR の基礎技術となる、コンピュータグラフィックス技術、マーカ認識技術、画像・映像の認識技術に焦点を絞って技術体系を紹介する。なお、画像・映像の認識技術は、マーカを使わない AR という位置付けになる。

コンピュータグラフィックス技術

コンピュータグラフィックス (Computer Graphics: CG) とは、コンピュータを使って図形や画像、映像を処理・生成する技術のことである。機械や建築の分野では、CG を使って、2 次元もしくは 3 次元の図面を製図する。

完全 CG のアニメや、実写では再現できない箇所を部分的に CG で作成するなど、アニメや映画で CG は盛んに使われている。ただし、CG を作るには膨大な費用と時間が必要となる。したがって AR では、CG 自体を作るのではなく、既存の CG を部品として使うというケースが多くなる。

マーカの認識技術

AR では、表示したい位置を特定するための目印として、マーカが使われる。紙などに印刷されたパ

ターンや文字、絵などを、事前に環境中に設置しておく。カメラなどのセンサでマーカを読み取ることで、情報を表示するための位置や方向を決める。マーカを使えば、GPS や磁気センサを使うよりも簡単に位置を決めることができる。また、マーカが隠れたりしない限り、間違いが少ないという利点もある。

一方で、事前にマーカを準備して、環境内に設置するという手間を要する。また、物理的に存在するマーカは、大小を問わず、景観を損なうという問題を内包している。更に、使用後にマーカを回収しなければならない。回収を忘れると、単なるゴミになる。このように、長短併せ持つマーカだが、AR の要素技術としてほぼ確立されており、一定の精度が確保できることから、成熟した技術と位置付けられている。

画像・映像の認識技術

近年注目されているマーカを使わない AR は、マーカレス式 AR と呼ばれている。マーカを使わない代わりに、画像や映像からシーンや物体を認識する技術が用いられる。シーンとは、広義には情景や風景、狭義には場面や状況、位置のことである。狭義の位置に関しては、GPS の情報を組み合わせることにより、比較的高精度に認識できる。一方、画像や映像から物体を認識することは、非常に難しい研究課題になっているのが現状である。

物体を認識するためには、物体が存在する位置を特定しなければならない。人間はだいたい5~6万種類の物体を容易に見分けることができると言われている。しかしながら、同じ処理をコンピュータで実現するのは非常に難しく、挑戦的な課題となっている。例えば、普段何気なく座っている椅子を認識させたい場合、どのような処理方法を構築するか？どのような特徴を使って、コンピュータに椅子を認識させるか？椅子には、ソファやベンチ、車椅子などなど、様々な形態がある。コンピュータは、このような多様性を理解できるだろうか。ゆえにマーカレス式 AR は、画像や映像を認識する最先端技術の集大成でもある。そこで、研究動向について、簡単に概観してみたい。

シーンの認識.

シーンの認識には、大局的シーンと局所的シーンの認識がある。大局的シーンは、例えば、街中や公園、川沿いといった大きな括りでのシーンになる。概念的なシーンである。一方、局所的シーンは、例えば、駅の中でもプラットフォーム、お店の中でも酒屋や靴屋といったような、具体的なシーンになる。GPS の電波が受信できれば、地図との照合により、ある程度はシーンを認識できる。しかし、地図が古い場合は、実際に見ているものとは違ってしまう。したがって、カメラの映像から人間のように視覚を通じて認識する技術が研究されている。

物体の認識.

物体認識の研究は、一般物体認識と特定物体認識に分けて研究されている。一般物体認識は、カテゴリの認識になる。たとえば、建物や靴、電車、モータバイク、ボート、自動車というように、抽象名詞として認識することになる。一方、特定物体認識は、物体の固有名称やパーツでの認識になる。車というカテゴリに対して、フェラーリ、BMW、ボルボ、フィアット 500、ランドローバ、レンジローバなどといった認識になる。さらに細かく認識すれば、例えば、BMW であれば、1 シリーズ、3 シリーズ、5 シリーズ、7 シリーズ、3 シリーズの中でも 320, 325, 328 等々、どこまで掘り下げるかは、目的によって違う。更に、車をひとつ取っても、タイヤ、ホイール、ライト、ナンバープレート、サイドミラー等、様々な部品から構成されている。

ここで、アイスティという飲み物を認識対象とする場合について考えてみる。アイスティ自体は液体なので、なんらかの容器に入れられている。容器が透明でなく、マグカップだと認識の難易度が極端に上がる。また、レモンが添えられている、ストローが刺さっている、氷が入っている、泡立っている、というようにいろいろな情報が複合されると、それらを切り分けて認識することは、想像以上に大変な処理になる。また、アイスティに刺さっているストローの先端部分を対象としたいとなっても、そこを同定するのは至難な作業になる。

このように、人間にとっては一見簡単に思える物

体認識であるが、コンピュータにとっては至難の業となる。どうやって認識を実現しているのかは、本稿では割愛するが、Scale-Invariant Feature Transform (SIFT), Speed-Up Robust Features (SURF), Histogram of Gaussian (HOG) 等の様々な手法を使って特徴量を記述し、認識へと結び付けている。

AR 活用事例

ここ数年で、ARは一躍有名になった技術である。既に数えるのが不可能なほど、様々な活用事例がある。全ては網羅できないので、分野別にグループに分けて整理してみたい。特に著者らの研究分野とも関連する、コミュニケーション分野、インタラクション分野、ビジネス・イベント分野、教育・エンターテインメント分野の4分野から眺めてみる。なお、分類基準は、著者らの主観によることを予め断っておきたい。

コミュニケーション分野

広義に捉えると、人間の活動は全てコミュニケーションが目的になる。仕事も勉強も全て人間同士のコミュニケーションである。物を交換するために貨幣があり、お金も経済も全てコミュニケーションになる。不況が長引くのは、コミュニケーションが不足している証拠であろう。アベノミクスの実感が無いのも、コミュニケーションがまだまだ足りないのかもしれない。大学教育も世代を超えたコミュニケーションだと思っている。

ただ、ここでは狭義に「お互いが必要とする情報を交換する」という意味で、コミュニケーションに関連するARの活用事例を取り上げてみる。現時点では、セカイカメラが最も有名なARアプリケーションとして知られている。提供元は、頓智ドットというユニークな社名の会社である。iPhoneなどのスマートフォンのカメラ機能を利用して、現実世界の映像に、テキストを主体としたメッセージを付加情報として重畳表示する。このメッセージはエアタグと呼ばれる。利用者は、エアタグのメッセージを通じて、時間を超越してコミュニケーションが取れる。

エアタグは、利用者は自由に利用できる。一方、

営利団体は、オーソライズドタグとして有料で使用する。ここに商売として、上手い仕組みが設けられている。営利を目的とする企業は、エアタグを使って、仮想的な情報を提供する。エアタグを見た通行人が、顧客になる。広告看板のように、設置に伴う工事は必要ない。また、ネオンのように電気代も不要である。エアタグが、低コストで高効率な電子広告へと変貌する。

インタラクション分野

コミュニケーションは情報の交換を目的とするが、インタラクションは作用に対する反作用である。対象物からリアルタイムに、何らかの反応が返される。インタラクション分野で有名なアプリケーションとして、電脳フィギュアのARisが挙げられる。仮想の人形であるARisを、フィギュアとして実空間上に投影する。利用者は、電脳ステックという専用の操作棒で、ARisとのインタラクションが楽しめる。例えば、電脳ステックでARisをつつく(push)としよう。ARisは、つつき方に応じて、様々な反応を見せてくれる。過去の操作履歴やコンテキストによっても反応が変化する。残念ながら著者らは、本アプリケーションを使ったことがない。使用経験のある大学生から聞いた話では、反応が微妙で楽しいとのことである。

ビジネス・イベント分野

家具メーカーのIKEAが提供しているARカタログは、ビジネス用途のアプリケーションとして興味深い。IKEAの調査によると、家具を購入する際に、サイズを見誤ったケースは17%にも及んでいる。もちろん、サイズを間違えれば返品できる。ただし、大きな家具だと手間が増え、再梱包の時間もかかる。そこで、購入前に仮想の家具を配置して、スペース的に問題なく置けるか、部屋全体との調和はどうかなど、アプリケーションを通して確認する。使われている技術としては、カタログに付いているマークを、表示したい場所に置くだけ。非常にシンプルであるが、現実には即している。ARだからこそできる画期的な活用法だと思う。

続いて、イベントでのAR活用事例を紹介する。

2010 年にゲームソフトウェアメーカーのコナミと静岡県熱海市が連携して、AR を使った大規模イベントを開催した。熱海市内や観光名所やお店を巡るスタンプラリーに加えて、コナミの恋愛シミュレーションソフト「ラブプラス+」を使って、ゲーム中に登場する仮想彼女とデートや記念撮影が楽しめる企画であった。ラブプラス+はコナミのゲームソフトであるが、アニメや映画などの他のキャラクタにも応用できる。キャラクタにゆかりのある場所を訪れると、AR を通じてコミュニケーションやインタラクションが楽しめるようなイベントを企画すれば、観光産業の一翼を担えると思う。AR を使った観光開発は、本稿の最後に AR の未来と題して、活用事例案を紹介したい。

教育・エンターテインメント分野

ディズニーのハイドアウトという AR を使った絵本は、ハンディタイプの小型プロジェクタを使って、絵本の中に 3 次元キャラクタを投影し、ストーリーに沿ってキャラクタが歩いたり、飛んだり、跳ねたりする (Willis, Shiratori and Mahler, 2013)。マーカ式 AR であるが、赤外線に反応するステルスインクを使っているため、読者にはマーカは見えない。AR 発祥のアメリカらしい、高度な技術が使われている。

AR を使ったバーチャル囲碁は、テーブルや木版上に碁盤の目を投影して、囲碁が楽しめる。カメラが対戦相手の指先の動きを認識して、盤面を読み取る。対戦用の学習エンジン搭載が搭載されており、プロ並みの棋力で強い。伝統文化と最先端技術の融合として、日本らしいアプリケーションだと思う。ただし、開発元はフランスのメーカーである。

本技術は、囲碁だけではなく、チェスや将棋などにも応用できる。将棋の世界では、コンピュータ将棋が現役プロ棋士に勝ち越すまで強くなった。一方、身体性のないコンピュータは、駒を指せない。このため、人間が代わりに指す。コンピュータが思考し編み出した手を、人間が指す。公開対局ではこのような方式が取られているが、人間とコンピュータの立場が完全に逆転している。人間のプライドを保つためにも、人の手を煩わせることなく対戦できる AR 将棋は必須であろう。

AR.Drone は、フランスの Parrot 社が開発した、無線操作無人 4 ロータ式小型ヘリコプタである。加速度センサを使って傾きを検知し、上昇・下降・旋回の 3 次元動作ができる。また、無線 LAN により、iPhone や iPod touch, iPad から手軽に操作できる。AR であるポイントは、機体に搭載されたカメラの映像を、画面上に様々な付加情報と共に表示することによる。カメラは、コックピットを視点位置とする映像になる。

AR の作り方

AR は利用者として楽しむだけでなく、パソコンが 1 台あれば、簡単に作ることができる。センサには、USB カメラが比較的簡単に入手できる。スマートフォンに内蔵されているセンサ類でも十分である。ソフトウェアを開発するための環境は、無料で提供されている。ARToolKit というのが、ソフトウェアを開発するためのソフトウェアになる。ARToolKit は、奈良先端科学技術大学院大学の加藤博一教授らの研究グループが開発し、インターネットを通じてフリーソフトウェアとして提供されている (Kato and Billinghurst, 1999)。当初はマーカ式のみであったが、現在はマーカレス対応も進んでいる。趣味として、あるいはスモールビジネスとして、気軽に AR を作ることができる。また、本格的にビジネスとして AR の開発に取り組む場合は、各種サポートが受けられる有償の商用版もある。

料理は食べるだけではなく、作ることで楽しみが倍増する。同じように AR も、使うだけでなく作るにより、楽しさや可能性が無限に広がる。センサやコンピュータ、ディスプレイなどの材料を揃えて、ソフトウェア開発という調理を楽しんでみてほしい。家庭でも、あるいは職場が許せば仕事の合間にも、気軽に取り組める。プログラミングの参考になる書籍も充実している (橋本, 2008, 2012 ; 谷尻, 2008)。

秋田の未来と AR

最後に、AR の未来について考えてみたいと思う。AR を使えば、時間を超越した不思議な世界を味わうことができる。忘れてしまった記憶が蘇ったり、住んでいる世界そのものが歴史博物館になる。また、その土地や場所でしか味わえない歴史博物館を、AR は実現してくれる。このような活用方法を踏まえて、本県の地域活性化や観光立国を目指した取り組みに資する事例について、4 案ほど提示してみたい。

一つ目は、歴史との融合である。角館は、国の重要伝統的建造物群保存地区に指定されている。歴史と伝統の街である。現在も多く観光客が訪れる観光名所となっている。この角館において、久保田藩領時代の角館城下町を AR で再現し、現在の町並みと併せて鑑賞できるような AR アプリケーションが考えられる。また、角館は枝垂れ桜でも有名である。ただし、枝垂れ桜が満開に咲き誇るのは、1 週間程度の短い期間である。そこで AR を使えば、満開の枝垂れ桜が一年中楽しめるようになる。また、四季折々の木々の変化や風景の変化を一度に楽しめるような AR アプリケーションが考えられる。

二つ目は、羽後町での活用案である。JA うごのあきたこまちは、美少女キャラクタをモチーフにしたパッケージデザインで一躍有名になった。賛否両論はあるようだが、長い目で見たときに、新しい文化の誕生であると思う。新文化に技術を融合し、観光や産業に結び付ける。例えば、田んぼに AR のマークを設置して、実際にお米を作っている場所で美少女キャラクタに会えるように設定すれば、羽後町を訪れる人が増えるだろう。あるいは、第一次産業の農業に興味を持つ若者が現れるきっかけになるかもしれない。また、羽後町は西馬音内盆踊りでも有名である。8 月 16 日から 18 日までの 3 日間の日程で開催される西馬音内盆踊りには、会場に入りきれない程の見物客が訪れる。一方、3 日間しか開催されないのは、観光客にとっては残念である。盆踊り会場に行けば、大型スクリーンで盆踊りを見ることができるが、会場ではなく建物の中なので、臨場感や迫力に欠ける。そこで、AR を使って実際の会場で仮想キャラクタによる盆踊りを鑑賞できれば、1 年

を通してたくさんの観光客が訪れるようになるだろう。

三つ目は、由利本荘市の由利高原鉄道での活用案を挙げたい。由利高原鉄道には、おばこ姿のアテンダントさんが 1 日 2 回乗務してくれる。おばこアテンダントは、ガイドブックにはないような沿線の情報や車窓の解説などを個性豊かに紹介してくれる。そんなおばこアテンダントに、今年新たに、やしまこころさんが仲間入りした。やしまこころさんは、秋田市在住の漫画家でイラストレータのこばやしただけし氏が描いたおばこ姿のキャラクタで、名前は公募によって決まった。現在は看板のみであるが、AR を使えば、コンピュータグラフィクスで、鳥海山麓線のいろいろな場所に、こころさんが登場してくれるだろう。

四つ目として、筆者らの住む秋田県の 65 歳以上の老年人口割合は、2005 年は 26.9% で島根県に次いで 2 位だったが、2010 年にトップに躍り出て、2013 年 7 月時点で 31.4% と首位を維持している。更に、2035 年には 41% まで増加すると予想されている。また、75 歳以上の後期老年人口割合も 12.9% から 26.8% へと上昇する。4 人に 1 人は 75 歳以上となる見通しで、著しい高齢化の進展が予想されている。また近年、秋田県の交通事故状況では見通しの良い直線道路において、高齢歩行者は車が来ているにもかかわらず直前で横断しようとして事故に遭っているケースが非常に多い。事故の原因として高齢歩行者の知覚機能・認知機能・運動機能などの低下が考えられるが、この原因を明らかにするには多くの時間を要する。しかし、高齢歩行者の交通事故をただ黙って注意喚起するだけではいけない。そこで、道路横断時の高齢歩行者にカメラを装着し、接近してくる車両の映像をコンピュータに取り込む。車両の映像からコンピュータは車両を抽出し、車両の時間的な変化によって車両の接近速度を計算し、高齢歩行者が道路横断するだけの十分な時間があるのかを判断する。コンピュータが十分な時間があると判断した場合は何も警告しない。もし、コンピュータが十分な時間がないと判断した場合 AR を使って、道路を横断しようとしている高齢歩行者に AR デバイスを通じて警告を出す。警告を出された高齢歩行者は横断

を中止するといった簡単なことで、事故を未然に防ぐことが可能になる。したがって、秋田県のような見通しの良い直線道路の横断時に生じる悲惨な交通事故を減らすことができるだろう。現在、筆者らはこのような AR デバイスの開発を試みており、コンピュータによる車両の認識等の基礎的なデータを収集している。

まとめ

AR は開発と普及が急速に進んでいる。しかしながら、まだまだ未成熟の技術である。センサ、コンピュータ、ディスプレイは、ハードウェアの進歩と相まって、今後ますます高性能化と高機能化が進むだろう。それに併せて、ソフトウェアの可能性も無限に広がっていく。AR は、VR のように仮想世界では完結せず、現実世界と一体となった技術なので、地の利を活かしたアプリケーションが開発できる。

秋田県は、風光明媚で四季折々の自然や風景が美しい場所である。本県の基幹産業は農業と工業であるが、今後は観光業の発展に重点が置かれている。観光立県を目指していくことが、県の政策にも示されている。祭りや温泉などの既存の観光資源に加えて、AR を活用した新しい技術が、地域の伝統芸能や文化、行事と結び付けば、新しいイベントや観光資源が生まれるだろう。また、ソフトウェア開発を通じて、情報産業の活性化が期待される。ソフトウェア開発に資本は要らない。夢と熱意、そしてアイデアと実行力だけで十分。農業と観光業と情報産業のように、AR を通じて異業種連携が実現できる。更に、複数の業種間で相乗効果を生みながら、複合的新産業の創出が期待できる。地域に根ざした大学として、本学もこのような技術開発の一翼を担えればと思っている。

文献

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Tele-operators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
橋本直 (2008). 『3D キャラクターが現実世界に誕

生!ARToolKit 拡張現実感プログラミング入門』.
アスキー・メディアワークス.

橋本直 (2012). 『AR プログラミング-Processing でつくる拡張現実感のレシピ-』. オーム社.

Kato, H. & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Proc. IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*. 85--94.

Reitmayr, G. & Schmalstieg, D. (2001). Mobile Collaborative Augmented Reality. *Proc. International Symposium on Augmented Reality*. 114-123.

Reitmayr, G. & Drummond, T. (2006). Going Out: Robust Model-based Tracking for Outdoor Augmented Reality. *Proc. IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. 109-118.

舘暲, 佐藤誠, 廣瀬通孝 (2011). 『バーチャルリアリティ学』. コロナ社.

谷尻豊寿 (2008). 『拡張現実感を実現する ARToolkit プログラミングテクニック』. カットシステム.

Willis, K. D. D., Shiratori, T. & Mahler, M. (2013). HideOut: Mobile Projector Interaction with Tangible Objects and Surfaces. *Proc. ACM TEI Tangible Embedded and Embodied Interaction*.

〔平成 25 年 11 月 28 日受付〕
〔平成 25 年 12 月 11 日受理〕

State-of-the-Art Augmented Reality Technology and its Application in Akita Novel Scheme of Information

Hirokazu. Madokoko¹, Yuki. Terata²

¹ *Department of Machine Intelligence and Systems Engineering, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University*

² *Department of Electronics and Information Systems, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University*

Recently, technology that allows invisible things to be made visible has been in the spotlight. For instance, if you cannot recollect the name of a friend whom you have just met after a long time, rather than becoming upset you can access your computer to check for a digital photo of the friend and use it to instantly remind you of the friend's name. This technology in which a computer superimposes information on a virtual image is called augmented reality (AR). This paper addresses the history of AR and the reasons why this technology is attractive. We introduce state-of-the-art hardware and software technologies regarding AR, and discuss examples of current applications of AR in Akita. We promote improving the tourism industry by combining information technology and agriculture as the basic industries in Akita. In addition, because our prefecture has the highest aging rate in Japan, reducing the number of car accidents related to senior pedestrians is a critical issue, and we have been studying the use of AR technologies for this application. Our final goal is to solve regional problems to actualize safety and security using AR.

Keywords: augmented reality, virtual reality, hardware, software, and sensors

Correspondence to: Hirokazu Madokoro, Department of Machine Intelligence and Systems Engineering, Faculty of Systems Science and Technology Akita Prefectural University, 241-438 Kaidobata-Nishi, Shimoshino-Nakano, Akita, Akita 010-0195, Japan. E-mail: madokoro@akita-pu.ac.jp